

PHYSIQUE

Épreuve orale

Filière MP

Il est toujours agréable pour les auteurs de ce rapport de constater que les observations qui y sont consignées après chaque session du Concours Commun ont manifestement retenu l'attention des candidats ainsi que de leurs professeurs. De fait, fort peu nombreuses sont désormais les prestations véritablement décevantes des candidats à l'épreuve orale de physique, après le premier filtrage résultant des épreuves écrites. De ce point de vue, les examinateurs de physique ont toutes les raisons d'être satisfaits.

Pour autant, de l'autre point de vue qui est évidemment celui des candidats et de leurs professeurs, ce constat en forme de satisfecit ne peut en faire oublier la conséquence logique. Celle-ci est que la loi du concours rend inévitablement l'épreuve orale de physique toujours plus exigeante d'année en année. Cette exigence est au demeurant d'autant plus grande que les objectifs de cette épreuve ont été assez largement modifiés à l'occasion de la récente modification des programmes. Après une première période qui pouvait naturellement être interprétée comme celle d'une adaptation progressive des esprits, les nouveaux programmes sont désormais exigibles des candidats dans l'intégralité de leurs dispositions.

Or, il semble bien que de nombreux candidats, et peut être quelques professeurs, n'aient conservé en mémoire de la modification intervenue dans les programmes que les seules limites nouvelles apportées aux matières devant être enseignées, sans considération suffisante pour l'esprit nouveau qui doit guider cet enseignement, et qui inspire naturellement aussi l'épreuve orale de physique du Concours Commun. Au terme de la session de 1998 du Concours Commun, quelques observations générales sur ce point, en forme de rappel à l'ordre, ne semblaient donc pas inutiles (I). D'autres observations particulières ont été classées par matières (II).

I) OBSERVATION GENERALES

L'évaluation des candidats et leur notation est naturellement conduite en considération de leurs qualités personnelles pour aborder et traiter un problème de physique (B.). Mais ces qualités ne peuvent évidemment s'exprimer et se voir récompenser à leur juste valeur si les candidats ne font pas l'effort préalable de connaître précisément les nouvelles règles applicables, et notamment l'esprit nouveau des programmes (A.).

A. L'esprit nouveau des programmes

Compte tenu de leur ignorance complète de la part de certains candidats, il ne paraît pas inutile de rappeler ici quelques-unes des dispositions figurant dans les préambules des nouveaux programmes des classes préparatoires, dont personne bien entendu ne saurait prétendre qu'elles seraient dépourvues de signification.

Parmi les objectifs de la formation tels que ceux-ci sont consignés dans un premier chapitre du programme des classes MPSI (BO, n°1, 20 juill. 1995), on lit notamment que "dans un monde en évolution rapide, où une somme de connaissances est disponible, l'enseignement dispensé par le professeur doit éveiller la curiosité face au monde réel, promouvoir le sens de l'observation (...) et développer chez l'étudiant le goût de l'expérience et du concret (...) La méthode scientifique utilisée,

empreinte de rigueur et de sens critique permanent doit permettre à l'étudiant, sur toute question du programme, de communiquer l'essentiel des résultats sous forme claire et concise, d'en analyser le caractère de pertinence : modèle utilisé, limite du modèle, influence des paramètres, homogénéité des formules, symétries, interprétation des cas limites, ordres de grandeur et précision".

Ces objectifs de formation sont encore réitérés par le premier chapitre des programmes des classes de MP (BO, n°3, 18 juill. 1996), qui ajoutent de surcroît : "La formation dispensée au cours des deux années de préparation doit (...) apporter à l'étudiant les outils conceptuels et méthodologiques pour lui permettre de comprendre le monde naturel et technique qui l'entoure et de faire l'analyse critique des phénomènes étudiés".

Or, force est de constater que dans leur immense majorité, les candidats se trouvent immédiatement en très grande difficulté dès lors que l'on ne leur demande plus seulement de conduire un calcul, ou de réciter une question précise du programme, mais qu'il sont sollicités pour démontrer à l'examineur qu'ils ont acquis les attitudes ainsi que les méthodes de raisonnement ci-dessus rappelées, qui font expressément partie des programmes.

Aucun candidat ne peut donc plus espérer une note gratifiante s'il ne montre pas à son examinateur qu'il a acquis dans son patrimoine intellectuel tout au moins un certain nombre d'attitudes et de réflexes généraux, témoignant de la mise en œuvre des méthodes de raisonnement qui sont par ailleurs celles de la communauté des physiciens et des ingénieurs.

B. L'attitude attendue des candidats

Les sujets proposés aux candidats contiennent systématiquement le traitement d'un problème (1.), et pour certains examinateurs d'une question de cours pouvant porter sur l'ensemble des deux années de préparation (2.), à l'exclusion de la mécanique traitée en classe de MPSI.

1. Quant à la résolution des problèmes proposés

Concernant le traitement du problème, il convient de rappeler les observations déjà consignées dans les rapports des précédentes sessions. Aussi souvent que possible, les problèmes soumis aux candidats à l'épreuve orale de physique cherchent à apporter une réponse concrète à une question elle-même concrète. Il arrivera même que la question concrète soumise à la réflexion du candidat puisse elle-même faire l'objet sur place d'une expérience "de coin de table". Ce que l'examineur ne manque jamais alors de souligner pour que le candidat puisse se faire concrètement une idée de la solution attendue, préalablement à toute conceptualisation. Il s'agit bien alors qu'à l'exemple d'un ingénieur ou d'un chercheur, le candidat fasse preuve d'un minimum d'esprit d'observation, pour pouvoir tirer ensuite parti de ses premières constatations au service de son raisonnement ultérieur.

L'examineur souhaite par conséquent que le candidat manifeste son intérêt pour le problème posé, en consacrant une partie de son analyse, tout au moins quelques minutes, pour examiner de manière liminaire et avant tous calculs les solutions au problème que commande le bon sens. Néanmoins, les exemples pourraient être multipliés pour révéler combien les candidats négligent cette partie essentielle de leur prestation, lorsqu'ils ne s'y consacrent que par simple convenance, sans manifestement croire à l'utilité d'un tel effort.

En dépit des instructions formelles figurant dans les programmes, on rencontre encore de nombreux candidats qui répugnent à réaliser toute expérience sur la table, ou semble croire qu'une seule expérience faite aussi vite que possible, comme pour se débarrasser d'une formalité aussi inutile, peut suffire !

Nul besoin d'insister sur les effets dévastateurs sur la note attendue d'une telle attitude.

Après ce premier contact concret, on ne répétera jamais assez que le candidat doit absolument mobiliser sa réflexion sur l'examen des "ingrédients" théoriques que l'obtention de la solution recherchée commande. Il s'agit là d'un véritable diagnostic scientifique qui doit être conduit, et pendant lequel le candidat doit mobiliser l'ensemble de ses connaissances pour proposer de manière rationnelle un traitement. Nul n'imagine qu'un médecin puisse prescrire un traitement curatif avant d'avoir établi préalablement un diagnostic. Pourtant, l'essentiel des candidats se lancent de manière fort peu rationnelle dans des démonstrations, avant même d'avoir analysé les difficultés qui leurs sont proposées ! La concrétisation la plus élémentaire de ce diagnostic consiste en un bilan comparé du nombre d'équations et d'inconnues. Lorsqu'il est réclamé par l'examineur, ce travail révèle alors que certains confondent parfois inconnues et paramètres du problème, ce qui montre bien l'existence d'une confusion entre les grandeurs qui sont connues, mais peuvent être arbitrairement contrôlées par un expérimentateur, et celles qui sont encore inconnues et constituent l'objet de la recherche. On rencontre ainsi des candidats dont il est impossible de savoir ce qu'ils cherchent, pour la raison simple qu'ils ne le savent pas eux-mêmes, et qu'ils ne se sont généralement même pas posé la question. Lorsqu'ils se sont perdus dans des calculs sans espoir pour avoir omis d'effectuer ce bilan préalable, il est déplorable que, après l'intervention de l'examineur, certains croient pouvoir imputer à un simple oubli ce qui résulte d'un manquement grave aux principes de la méthode scientifique.

L'élaboration de ce diagnostic permettrait notamment d'éviter à certains candidats de proposer en toute candeur des solutions qu'il n'est manifestement pas possible de mettre en oeuvre au regard des données du problème.

De même, l'élaboration de ce diagnostic permettrait aux candidats de s'apercevoir qu'une donnée essentielle, indispensable à la résolution du problème posé, a été sciemment omise par l'examineur, afin de voir si le candidat va s'en apercevoir. Au moment où des étudiants des classes préparatoires aux grandes écoles s'apprentent à changer de statut pour devenir des élèves-ingénieurs, il n'est que grand temps pour eux de comprendre que les données des problèmes à résoudre ne leur seront pas toujours fournies par un professeur bienveillant, tout entier consacré à leur service ! En outre, la prétention d'un candidat à résoudre un problème sans disposer des données indispensables à cette résolution est fort révélatrice de sa compréhension sur le fond de la matière concernée.

Selon la nature des exercices proposés, ce diagnostic initial peut durer quelques instants, ou perdurer pendant toute la durée de l'interrogation, ce qui souligne son importance et son intérêt. Outre qu'il est de nature à susciter un dialogue avec l'examineur, il permet de dessiner d'un commun accord les lignes directrices de la solution proposée. A ce titre, il constitue probablement l'un des procédés privilégiés d'évaluation des candidats, l'exercice proposé ne constituant plus alors qu'un terrain concret pour le développement du raisonnement scientifique .

Aussitôt établis les principes de résolutions, leur mise en oeuvre peut commencer par des calculs, dont ils n'est pas toujours essentiel qu'ils soient conduits jusqu'à leur terme .

Enfin, absolument aucun résultat ne doit jamais être abandonné au jugement de l'examineur sans que son homogénéité ait été préalablement vérifiée, et sans avoir vérifié ou discuté son adéquation avec les premières observations qu'avaient commandé le bon sens. Il est regrettable de voir certains candidats sacrifier en un instant des années de préparation et de longs efforts pendant l'épreuve d'oral pour avoir négligé cette ultime phase de discussion, et proposé en toute imprudence un résultat dont l'inexactitude était flagrante au premier coup d'oeil.

Encore trop nombreux sont les candidats se retrouvant en difficulté, voire en grande difficulté, lorsqu'il s'agit simplement de vérifier l'homogénéité d'une expression, notamment en présence d'un champ électrique ou magnétique, ou des constantes ϵ_0 ou μ_0 . Dès lors que les applications numériques sont moins souvent réclamées aux candidats, on n'insistera jamais assez pour souligner combien est gravement sanctionnée l'étourderie résultant d'une simple erreur de calcul, mais qui conduit à un résultat dont l'application numérique aurait été absurde. Il est de ce point de vue parfois surprenant qu'un candidat prétendant exercer à court terme les responsabilités d'un ingénieur puisse invoquer son étourderie pour justifier du caractère véniel de sa faute, alors qu'il aurait pu très

aisément se rendre compte par lui-même de son erreur. La difficulté avec laquelle certains candidats s'acquittent de leurs vérifications sur la demande expresse de l'examineur révèle par ailleurs que leur faute n'a pas résulté d'un simple oubli, mais que pendant leurs années de préparation, ils s'étaient pour le moins faiblement habitués à conduire de telles vérifications...

Inversement, les candidats capables de démontrer une réelle maturité consistant à vérifier leurs résultats, et à proposer à l'examineur une solution sur la validité de laquelle ils ont fait par eux-mêmes l'effort de réfléchir, sont bien entendu très largement récompensés. La vérification d'un résultat, ou encore son adéquation à la solution attendue d'un problème au regard du simple bon sens, ne sauraient être analysées par certains comme une simple formalité, tant elles sont révélatrices des qualités et de la maturité de la personne examinée. Ici encore, la même note ne saurait être attribuée au candidat ayant obtenu un résultat et qui se contente d'attendre une approbation sans prendre sur lui aucune initiative, et à celui qui multipliera les efforts pour s'assurer de la validité de son travail, ou pour en dégager la portée.

Pour résumer ces quelques observations, on peut encore rappeler que ce qui est attendu des candidats n'est pas la simple résolution plus ou moins convenue d'un exercice formel. Pour obtenir une note gratifiante, il faut montrer d'autres qualités.

2. Quant au traitement des questions de cours

Plus encore que le traitement d'un problème, l'exposition d'une question de cours soulève les plus grandes difficultés. Non pas que la connaissance générale du cours soit en déclin, car la plus grande majorité des candidats ont compris que cette connaissance constitue la condition déterminante de leur réussite. Mais le principe même de certaines questions surprend le plus grand nombre, témoignant ainsi d'une préparation insuffisante en ce qui les concerne.

En premier lieu, les candidats dans leur ensemble sont fort peu préparés à d'autres questions que la récitation d'un tronçon de l'enseignement qu'ils ont reçu. Dès lors, toute question de synthèse, réclamant que le candidat aille rechercher dans diverses parties de son cours, aussi bien de première année que de deuxième année, plonge la plupart des candidats dans des abîmes de perplexité. Sous cet éclairage, il apparaît fort regrettable que les élèves des classes préparatoires ne soient pas mieux préparés à cet exercice essentiel qui consiste pour un candidat à faire lui-même le point sur une partie de ses connaissances, pour pouvoir en exposer à un profane l'essentiel. La révélation la plus évidente de cette carence survient lorsque l'examineur constate qu'un candidat est totalement incapable de hiérarchiser ses connaissances. A supposer d'ailleurs qu'une telle hiérarchisation lui paraisse digne d'intérêt, tant il accordera souvent d'importance à l'accessoire sans considération pour l'essentiel.

Un autre exercice fort révélateur d'une préparation inadaptée est celui qui consiste à réclamer d'un candidat qu'il définisse la notion dont il se propose de faire l'objet de son exposé ou d'un calcul. De toute évidence, l'immense majorité des candidats n'estime pas nécessaire ni même utile de préciser les notions qu'ils souhaitent mettre en œuvre. Certains pourront bien entendu réciter sur le champ les définitions les plus connues. Mais malheureusement, tel n'est pas l'exercice précis pour lequel ils sont sollicités, lorsqu'il leur est demandé la définition d'une notion banale ou d'intérêt réduit, dans le seul but de voir si le candidat a été familiarisé à l'exercice même de la définition, plutôt qu'à la seule récitation d'un contenu. Le plus souvent, le résultat apparaît alors franchement décevant, tant les candidats paraissent ignorants de la méthode consistant à construire une définition par approches successives, en considération d'observations évidentes, de résultats ou de contre-exemples bien connus, ou encore de toute autre considération menée dans un état d'esprit critique. De ce point de vue, l'état d'esprit fait d'observation et de critique qui est réclamé par les nouveaux programmes paraît encore complètement ignoré, aussi bien de la majorité des candidats que de leurs professeurs. Inversement, il va de soi que tout candidat capable de montrer tout au moins un certain intérêt à cet exercice qui consiste à construire progressivement une définition par approches successives menées dans un esprit critique a été très largement récompensé.

Comme d'habitude, il est regrettable enfin de constater le désintérêt persistant, voire même aggravé, de certains candidats pour une certaine culture générale ou pour l'actualité de la physique.

II) REMARQUES PARTICULIERES PAR MATIERES

Afin de permettre une meilleure préparation, le présent rapport propose quelques unes des déclarations émanant des candidats de la session 1998. Certaines de ces déclarations sont moins exceptionnelles que l'on aurait pu le penser. Elles traduisent tantôt une ignorance profonde de la matière, tantôt certains contresens que les candidats semblent véhiculer d'année en année au plus profond de leur esprit, par une sorte de tradition malheureuse.

Pour chacune de ces affirmations, il est fermement suggéré aux futurs candidats au Concours Commun en 1999 de ne pas se présenter à l'épreuve orale de physique sans avoir préalablement cherché et compris l'erreur.

A. Mécanique

- L'énergie cinétique d'un solide est celle de son centre de gravité.
- Le moment cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe est toujours colinéaire à l'axe de rotation.
- Le moment cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe est colinéaire à l'axe de rotation à condition que le point à l'endroit duquel ce moment est considéré soit un point fixe.
- Le moment cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe est colinéaire à l'axe de rotation à condition que le point à l'endroit duquel ce moment est considéré soit le centre instantané de rotation.
- Le moment cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe est colinéaire à l'axe de rotation à condition que la vitesse du point à l'endroit duquel ce moment est considéré soit parallèle à la vitesse du centre de gravité du solide.
- L'étude de la translation circulaire d'un solide se réalise par la mise en œuvre du théorème du moment cinétique.
- On peut exprimer indifféremment la relation fondamentale de la dynamique sous sa forme habituelle ou sous la forme du théorème du moment cinétique, qui représentent deux expressions équivalentes du même principe fondamental.
- L'écriture du théorème du moment Cinétique en plusieurs points successifs permet d'obtenir autant d'équations indépendantes que nécessaire pour l'étude du mouvement d'un solide.
- Le théorème du moment cinétique ne peut être appliqué au centre de gravité d'un solide lorsque celui-ci est mobile.
- Le théorème du moment cinétique ne peut être appliqué au centre de gravité d'un solide que dans un référentiel galiléen.
- Il convient de conduire l'étude du mouvement d'un objet en se plaçant dans son propre référentiel.

- La projection de la relation fondamentale de la dynamique sur un repère mobile exige l'intervention des forces d'inertie.
- L'existence d'un terme de dérivation d'ordre 1 et de signe négatif dans une équation harmonique traduit l'existence d'une atténuation.
- Dans l'hypothèse d'une barre accrochée à un mur en un point fixe, la réaction du mur sur la barre est parallèle à la barre, ou perpendiculaire au mur, ou encore parallèle au mur.
- Dans l'hypothèse d'une barre accrochée à un mur en un point fixe, l'absence de frottements signifie que le moment des réactions de contact au point d'accrochage est nul.
- Il est anormal que la masse d'un pendule simple n'apparaisse pas dans l'expression de la période de ses petites oscillations.

B. Thermodynamique

- Un état d'équilibre thermodynamique se définit comme un état stationnaire.
- La propriété caractéristique d'une fonction d'état est d'être extensive.
- Une fonction d'état se définit comme une fonction caractéristique de l'état.
- Une fonction d'état thermodynamique est une fonction qui permet de connaître l'état d'un système, et de déduire son évolution.
- Un exemple de fonction d'état est l'équation d'état des gaz parfaits.
- Une transformation thermodynamique isotherme est nécessairement adiabatique.
- Une transformation thermodynamique peut être cumulativement isotherme et adiabatique.
- L'entropie augmente toujours, au mieux elle reste constante.
- La variation d'entropie d'un système thermodynamique en contact thermique avec un autre est la quantité d'entropie qui passe d'un système à l'autre.
- Dans l'expression du second principe de la thermodynamique, l'entropie créée et l'entropie échangée sont elles-mêmes des fonctions d'état.
- Dans un mélange idéal de gaz parfaits, les volumes partiels de chacun des gaz s'ajoutent pour constituer le volume total.
- Le point critique d'un corps pur se définit comme le point à l'endroit duquel le changement d'état s'effectue de manière instantanée.
- Pour vérifier expérimentalement qu'un gaz est parfait, il convient de voir s'il est possible de le comprimer jusqu'à obtenir un volume nul, en conduisant l'expérience à 0 K.
- Le modèle du gaz parfait étant un modèle théorique, le gaz parfait n'existe pas en pratique.
- Par définition, un gaz parfait est constitué de molécules sphériques dont les chocs sont élastiques.

- On trouve dans le commerce des appareils destinés à mesurer l'énergie interne d'un gaz parfait.

- Le rendement d'un cycle thermodynamique se définit comme le rapport entre la somme du travail et de la chaleur utiles, à la somme du travail et de la chaleur fournis.

C. Electrostatique, Magnétostatique, Electromagnétisme, Induction

- Pour le calcul d'un coefficient de mutuelle inductance, il convient d'orienter les circuits selon le sens des courants.

- Une onde propagative se définit comme une fonction de l'espace et du temps.

- Une onde plane se définit comme une onde dont les champs E et B sont orthogonaux.

- La structure orthogonale des champs d'une onde plane électromagnétique monochromatique et homogène est conditionnée par le fait que cette onde est polarisée rectilignement.

- La structure orthogonale des champs d'une onde plane électromagnétique monochromatique et homogène est conditionnée par le fait que cette onde se propage dans un milieu linéaire, homogène et isotrope.

- Le vecteur densité de courant peut se déduire des champs électromagnétiques par les équations de Maxwell.

- Dans les équations de Maxwell, la densité de charge et le vecteur densité de courant peuvent être exprimés l'un en fonction de l'autre.

- L'équation de dispersion d'une onde se confond avec son équation de propagation.

- Du fait que les champs E et B se propagent à la vitesse c, le vecteur de Poynting se propage lui-même à la vitesse c.

- Le vecteur de Poynting est solution de l'équation de propagation.

- La vitesse de phase d'une onde électromagnétique se distingue de sa vitesse de groupe lorsque celle-ci se propage dans un milieu d'indice différent de 1.

- Les équations de propagation des champs constituent un système d'équations équivalentes aux équations de Maxwell.

- Les relations de passage des champs électromagnétiques à la traversée d'une interface viennent se rajouter de manière autonome aux équations de Maxwell.

- Ces relations se déduisent de deux des équations de Maxwell, les deux autres étant sans utilité.

- En pratique, la densité de charge surfacique et la densité de courant surfacique n'existent pas, du fait qu'il n'existe pas d'interface entre deux milieux, la notion d'interface étant une simple notion mathématique, sans réalité concrète dans le domaine de la physique.

- Un paquet d'ondes correspond à la propagation d'un photon.

- L'effet d'un phénomène d'induction est que le courant induit crée un champ magnétique qui s'oppose à celui qui l'a créé.

- Du fait qu'un guide d'onde électromagnétique contient du vide dans l'intervalle entre ses armatures, la vitesse des ondes électromagnétiques dans ce guide est celle de la lumière.

- Une onde électromagnétique propagative peut être cumulativement stationnaire.

- La puissance dissipée par une onde électromagnétique se propageant dans un plasma est le flux du vecteur de Poynting.

D. Electronique

- Le théorème de superposition est applicable en signal continu, mais pas en régime alternatif sinusoïdal.

- Un condensateur n'est pas un circuit linéaire, pas plus qu'une auto-inductance.

- Le théorème de Millmann ne s'applique qu'en régime alternatif sinusoïdal.

- Lorsqu'un amplificateur opérationnel est idéal, il fonctionne en régime linéaire.

E. Optique

- La condition du stigmatisme approché dans un miroir plan est que les rayons ne soient pas très inclinés par rapport à la normale au miroir.

- Une lentille est stigmatique quand elle satisfait aux conditions de Gauss.

- L'ordre de grandeur des fréquences optiques est de 1 MHz.

- Lorsque l'on dit d'une raie qu'elle a un profil rectangulaire, cela signifie que l'onde émise est un signal carré.

- Deux ondes cohérentes sont par définition synchrones.

- Le principe de Huygens Fresnel énonce que les ondelettes émises sont synchrones.

- la disposition d'une lentille derrière des trous d'Young a pour effet de localiser les franges d'interférences à l'infini.

- Lorsque la fente utilisée pour éclairer des trous d'Young est progressivement élargie, on observe expérimentalement que les franges d'interférences se localisent.

- Un interféromètre de Michelson produit toujours des interférences localisées.

- La mise en évidence d'un phénomène de diffraction suppose que la taille de l'objet diffractant soit du même ordre de grandeur que la longueur d'onde.

- La mise en évidence d'un phénomène de diffraction suppose que la distance du plan d'observation à l'objet diffractant soit grande devant la taille de cet objet.

- Il ne peut exister de diffraction de la lumière que si celle-ci est cohérente.

- La figure de diffraction d'un réseau optique plan se caractérise par l'existence d'un interfrange.

III) CONCLUSION

Fort peu d'efforts en vérité, par comparaison avec ceux déjà consentis, permettront aux candidats initiés par la lecture du présent rapport de ne plus s'égarer dans les mêmes travers que leurs prédécesseurs, aussi bien du point de vue de la méthode que de leurs connaissances des matières figurant au programme.

Nul doute donc que, très logiquement, la cuvée de 1999 du Concours Commun sera encore meilleure que celle de 1998, qui était déjà fort bonne.